PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

G01B 11/02, G02B 21/08

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 99/57508

A1

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

NL, PT, SE).

11. November 1999 (11.11.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE99/01141

(22) Internationales Anmeldedatum:

16. April 1999 (16.04.99)

(30) Prioritätsdaten:

198 19 492.7

30. April 1998 (30.04.98)

DE

(71) Anmelder: LEICA MICROSYSTEMS WETZLAR GMBH [DE/DE]; Postfach 20 40, D-35530 Wetzlar (DE).

(71)(72) Anmelder und Erfinder: BLÄSING-BANGERT, Carola [DE/DE]; Elbestrasse 31, D-35625 Hüttenberg (DE). RINN, Klaus [DE/DE]; Gladiolenweg 8, D-35452 Heuchelheim (DE). KACZYNSKI, Ulrich [DE/DE]; Arthur-Weber-Weg 3, D-61231 Bad Nauheim (DE). BECK, Mathias [DE/DE]; Münchberg 15, D-35606 Solms (DE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING STRUCTURES ON A TRANSPARENT SUBSTRATE

(54) Bezeichnung: MESSGERÄT ZUR VERMESSUNG VON STRUKTUREN AUF EINEM TRANSPARENTEN SUBSTRAT

(57) Abstract

A device for measuring structures (9) on a transparent substrate (8), comprising a vertical illuminator device (10, 13), an imaging device (10) and a detector device (14) for the imaged structures (9), in addition to a displaceable measuring stage (4) which can be measured inferometrically (7) and is arranged in a vertical and relative position with regard to the optical axis (11) of the imaging device (11) in order to receive the substrate (8). The invention is characterized in that the measuring stage (4) is configured as an open frame with a edge that receives the substrate (8) and a transilluminator device (15, 16) is provided underneath the measuring stage (4), whereby the optical axis of said transilluminator device is aligned with the vertical illuminator device (10, 13).

(57) Zusammenfassung

Ein Meßgerät zur Vermessung von Strukturen (9) auf einem transparenten Substrat (8), mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (10, 13), einer Abbildungs-Einrichtung (10) und

einer Detektor-Einrichtung (14) für die abgebildeten Strukturen (9) und einem senkrecht und relativ zur optischen Achse (11) der Abbildungs-Einrichtung (10) interferometrisch (7) meßbar verschiebbaren Meßtisch (4) zur Aufnahme des Substrats (8) zeichnet sich dadurch aus, daß der Meßtisch (4) als offener Rahmen mit einem Aufnahmerand für das Substrat (8) ausgebildet ist und unter dem Meßtisch (4) eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung (15, 16) vorgesehen ist, deren optische Achse mit der der Auflicht-Beleuchtungseinrichtung (10, 13) fluchtet.

Meßgerät zur Vermessung von Strukturen auf einem transparenten Substrat

Die Erfindung betrifft ein Meßgerät und ein Verfahren zur Vermessung von Strukturen auf einem transparenten Substrat mit einer Auflicht-

- Beleuchtungseinrichtung, einer Abbildungs-Einrichtung und einer Detektor-Einrichtung für die abgebildeten Strukturen und einem senkrecht und relativ zur optischen Achse der Abbildungs-Einrichtung interferometrisch meßbar verschiebbarem Meßtisch zur Aufnahme des Substrats.
- Ein Meßgerät dieser Art ist z.B. in dem Vortragsmanuskript: Pattern

 Placement Metrology for Mask Making, Dr. Carola Bläsing, ausgegeben anläßlich der Tagung Semicon, Education Program, in Genf am 31.03.1998, ausführlich beschrieben. Das Meßgerät ist in einer Klimakammer aufgestellt, um eine Meßgenauigkeit im Nanometer-Bereich erreichen zu können.

 Gemessen werden die Koordinaten von Strukturen auf Masken und Wafern.
- Das Meßsystem ist auf einem schwingungsgedämpft gelagerten Granitblock angeordnet. Die Masken und Wafer werden mit einem automatischen Handlingsystem auf den Meßtisch gebracht.
 - Der Meßtisch gleitet auf Luftlagern auf der Oberfläche des Granitblocks. An zwei zueinander senkrecht stehenden Seiten des Meßtisches sind ebene Spiegel angebracht. Ein Laser-Interferometer-System bestimmt die Position des Meßtisches.
 - Die Beleuchtung und die Abbildung der zu messenden Strukturen erfolgt über eine hoch auflösende, apo-chromatisch korrigierte Mikroskop-Optik im Auflicht im Spektralbereich des nahen UV. Eine CCD-Kamera dient als Detektor. Aus

20

5

10

gemessen werden sollen.

dagegen in unterschiedlichen Meßgeräten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Bei der Halbleiterherstellung wird die Maske im Stepper im Durchlicht beleuchtet und auf den Wafer abgebildet. Es besteht daher auch ein Interesse daran, die genaue licht-abschattende Breite des Strukturelementes ermitteln zu können. Hierfür wurden spezielle Meß-Mikroskope entwickelt, bei denen die Maske im Durchlicht beleuchtet und ausschließlich die Breite des opaken Strukturbildes gemessen wird. Für eine Bestimmung der Lagekoordinaten der Strukturelemente sind diese Meßgeräte nicht vorgesehen. Diese Überlegungen gelten in gleicher Weise, wenn anstelle opaker Strukturelemente transparente Strukturelemente in der Maskenoberfläche

Die zunehmenden Anforderungen in der Qualitätskontrolle der Maskenherstellung erfordern eine Überprüfung der Designparameter der Maskenstrukturen sowohl hinsichtlich ihrer Lage als auch ihrer wirksamen Projektionsbreite. Dabei wird eine immer kürzere Durchlaufzeit gefordert. Die notwendigen Reinheitsanforderungen bedingen zudem eine steigende Sorgfalt bei den Handlingvorgängen für die Auflage der Maske im Meßgerät. Bei zunehmender Größe der Masken und steigender Strukturdichte nimmt auch der Wert der Masken nach jedem Prozeßschritt zu, so daß auch die Sicherheit des Handlings gegen Zerstörung der Masken von entscheidender Bedeutung ist.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, ein Meßgerät zu schaffen, mit dem sowohl eine genaue Lagebestimmung als auch eine zuverlässigere

25 Aussage über die Strukturbreite ohne Kenntnis der geometrischen Kantenprofile möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Meßgerät der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Meßtisch als offener Rahmen mit einem Aufnahmerand für das Substrat ausgebildet ist und unter dem Meßtisch eine Durchlicht-Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist, deren optische

30

5

10

15

20

25

30

- Fig. 2 ein Struktur- und Intensitätsprofil mit Auswertung im Auflicht und Durchlicht
- Fig. 3 ein anderes Struktur- und Intensitätsprofil

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel besteht aus einem Granitblock 1, der auf Füßen 2, 3 schwingungsgedämpft gelagert ist. Auf dem Granitblock 1 ist ein als Rahmen ausgebildeter Meßtisch 4 auf Luftlagern 5, 6 in den zwei durch Pfeile angedeuteten Richtungen gleitend verschiebbar. Der Rahmen des Meßtisches 4 besteht vorteilhafterweise aus einer Glaskeramik mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Antriebe dafür sind nicht dargestellt. Die Position des Meßtisches 4 wird mit einem Laser-Interferometer-System 7 in x- und y-Richtung gemessen.

In den Rahmen des Meßtisches 4 ist eine Maske 8 eingelegt. Die Maske 8 besteht z.B. aus Quarzglas. Auf der Maskenoberfläche sind Strukturen 9 aufgebracht. Da der Meßtisch 4 als Rahmen ausgebildet ist, kann die Maske 8 auch von unten her durchleuchtet werden.

Oberhalb der Maske 8 befindet sich ein Abbildungssystem 10 hoher optischer Güte, das zur Fokussierung längs seiner optischen Achse 11 in z-Richtung verstellbar ist. Über einen Teilerspiegel 12 wird zum einen das Licht einer Lichtquelle 13 in den optischen Strahlengang eingeleitet und zum anderen werden die Abbildungsstrahlen auf eine Detektor-Einrichtung 14 gelenkt. Die Detektor-Einrichtung 14 ist z.B. eine CCD-Kamera mit hochauflösendem Pixelarray. Die Lichtquelle 13 emittiert im nahen UV-Spektralbereich.

In den Granitblock 1 ist eine weitere Beleuchtungseinrichtung eingesetzt, die aus einem höhenverstellbaren Kondensor 15 und einer Lichtquelle 16 besteht. Als Lichtquelle 16 kann auch die Austrittsfläche eines Lichtleiters vorgesehen sein. Die optische Achse des Kondensors 15 fluchtet mit der optischen Achse 11 des Abbildungssystems 10. Die Höhenverstellung des Kondensors 15 mit Lichtquelle 16 dient der Anpassung der auf die Struktur 9 zu richtenden Beleuchtungsstrahlen an unterschiedliche optische Dicken von Masken 8. Der Kondensorkopf kann insbesondere in den offenen Teil des Meßtischrahmens

5

10

15

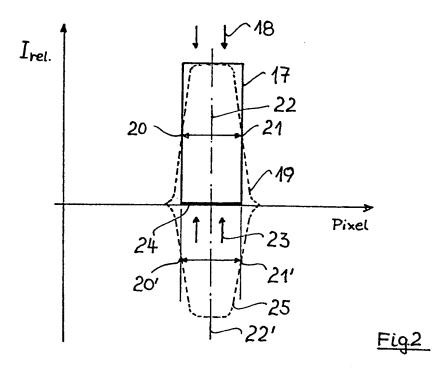
20

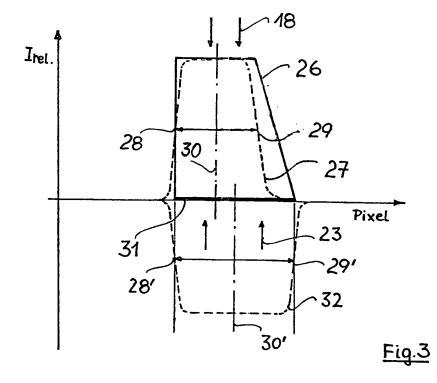
Ätzprozessen eine Verbreiterung auftritt. Der TV-Autofokus wird in jedem Fall die Abbildung auf die kontrastreichste Abbildung der Oberfläche des Strukturelements einstellen. Auf diese Abbildung hat der aktuelle Verlauf des unsymmetrischen Teils des Kantenprofils nahezu keinen Einfluß. Es ergibt sich im Auflicht 18 daher ein im Vergleich zu Fig. 2 ähnliches Intensitätsprofil 27, aus dem die Kantenlagen 28, 29 und die Lagekoordinate 30 des Strukturelements 26 abzuleiten sind.

Im Durchlicht 23 ist jedoch allein der Fußbereich des Kantenprofils 26 für die Schattenbildung 31 und das auf den CCD-Elementen erzeugte Bild entscheidend. Es ergibt sich daher wiederum ein im wesentlichen symmetrisches Intensitätsprofil 32 mit nach rechts verschobener Kantenlage 29'. Damit resultiert zunächst eine größere Strukturbreite aus der Differenz der Kantenlagen und auch eine andere Lagekoordinate 30' für das Strukturelement 26. Die Differenz der Lagekoordinaten 30, 30' deutet also auf die Unsymmetrie des Kantenprofils 26 hin. Der Maskenhersteller ist somit in der Lage, seinen Herstellprozeß besser zu analysieren. Es ist ersichtlich, daß bei einem symmetrisch trapezförmigen Kantenprofil die Lagekoordinaten aus der Auflicht- und der Durchlichtmessung nicht unterschiedlich sind. Hier verändert sich lediglich die Aussage über die Strukturbreite. Auch das läßt eine Aussage über den Herstellprozeß zu. Die verwendeten Darstellungen der Kanten- und Intensitätsprofile sind schematisch und können insbesondere bei Strukturbreiten und Strukturabständen im Bereich der Lichtwellenlänge komplexer sein.

Die beschriebene Vergleichbarkeit der Meßdaten im Auflicht und im Durchlicht ist nur deswegen zulässig, weil sie in gleicher Lokalisierung des Substrats und mit denselben Abbildungs- und Auswertungsmitteln gewonnen werden. Erstmals wird die Zuordnung einer im Durchlicht gemessenen Strukturbreite zu einer absoluten Lageangabe für diese Struktur im Maskenkoordinatensystem möglich.

- 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Koordinaten der Strukturen sowohl bei Auflicht- als auch bei Durchlicht-Beleuchtung bestimmt werden.
- 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die
 5 Kantenlagen der Strukturen bei Auflicht- und/oder Durchlicht-Beleuchtung für eine Strukturbreitenmessung ausgewertet werden.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No PCT/DE 99/01141

C (C1)		PCT/DE 99/01141			
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Category Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No					
	ortalion of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.			
Y	ROTH K -D ET AL: "Performance data obtained on a new mask metrology tool" 16TH ANNUAL SYMPOSIUM ON PHOTOMASK TECHNOLOGY AND MANAGEMENT, REDWOOD CITY, CA, USA, 18-20 SEPT. 1996, vol. 2884, pages 360-366, XP002117582 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1996, SPIE-Int. Soc. Opt. Eng, USA ISSN: 0277-786X page 361 -page 362	1-6			
		·			
	D (continuation of second shoot) (In the second				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

onales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01141 KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES PK 6 G01B11/02 G02B21/08 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 GO1B GO2B Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchienen Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Kategorie* Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Betr. Anspruch Nr. Υ US 5 260 558 A (GOLTSOS WILLIAM C ET AL) 1-6 9. November 1993 (1993-11-09) Spalte 2, Zeile 24 - Zeile 64 Spalte 5, Zeile 5 - Zeile 7 Spalte 5, Zeile 55 - Zeile 68; Abbildung 7 Y W.MIRANDÉ: "Kantenvermessung an 1 - 5Mikrostrukturen" VDI-BERICHTE. Nr. 1102, 1993, XP002117581 in der Anmeldung erwähnt Seite 138, letzter Absatz; Abbildung 1 Υ DE 12 63 339 B (C.REICHERT OPTISCHE WERKE 1 - 4AG) 14. März 1968 (1968-03-14) Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 20; Abbildung 1 X Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu Siehe Anhang Patentfamilie Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik detiniert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist Anmeldedatum veröffentlicht worden ist Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhalt er-scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist Datum des Abschlusses der internationalen Recherche Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 5. Oktober 1999 18/10/1999 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Bevollmächtigter Bediensteter Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31–70) 340–3016 Scheu, M

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung..., die zur selben Patentfamilie gehören

Interr lales Aktenzeichen
PCT/DE 99/01141

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5260558	Α	09-11-1993	KEINE	
DE 1263339	В		KEINE	
		~		

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentlamilie)(Juli 1992)